

SVERIGE

(19) SE



PATENTSKRIFT

(13) C2 1) 519 088

(51) Internationell klass 7
G01S 13/00, 13/87PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET

(45) Patent meddelat 2003-01-07
 (41) Ansökan allmänt tillgänglig 2002-11-12
 (22) Patentansökan inkom 2001-05-11
 (24) Löpdag 2001-05-11
 (62) Stamansökans nummer
 (86) Internationell ingivningsdag
 (86) Ingivningsdag för ansökan om europeisk patent
 (83) Deposition av mikroorganism

(21) Patentansöknings-
nummer 0101662-5

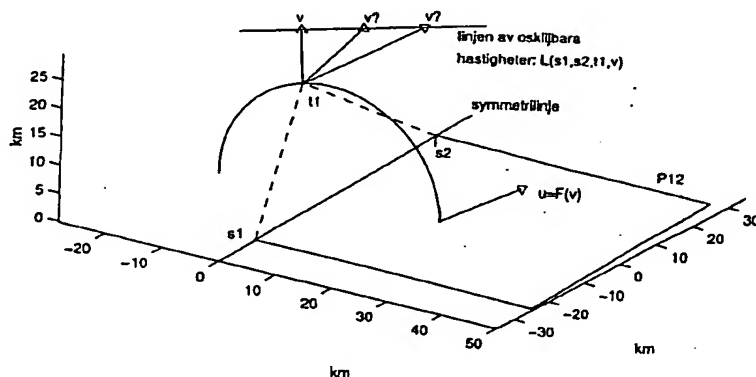
Ansökan inkommen som:

☒ svensk patentansökan
 fullföljd internationell patentansökan
 med nummer
☐ omvandlad europeisk patentansökan
 med nummer

(30) Prioritetsuppgifter

- (73) PATENTHAVARE Totalförsvarets forskningsinstitut, 172 90 Stockholm SE
 (72) UPPFINNARE Magnus Herberthson, Linköping SE
 (74) OMBUD Försvarets materielverk
 (54) BENÄMNING Sätt att med från mål spridda signaler bestämma lägen och
 hastigheten för målen
 (56) ANFÖRDA PUBLIKATIONER: - - -
 (57) SAMMANDRAG:

Föreliggande uppfinning avser ett sätt att med från mål spridda signaler bestämma läget och hastigheten för nämnda mål. Man använder en första och en andra station innefattande sändare/mottagare (s_1, s_2) av elektromagnetiska eller akustiska signaler och utför dels monostatiska mätningar (M_1, M_2) från vardera stationen, dels en bistatisk mätning mellan stationerna (B_{12}), och beräknar först genom de två monostatiska mätningarna ett antal målkandidater med 2-dimensionellt läge och 2-dimensionell hastighet, varpå dessa prövas mot resultatet av den bistatiska mätningen och de målkandidater behålls som, med lämpliga felmarginaler återfinns i alla mätningarna.



Föreliggande uppfinning avser ett sätt att med från ett eller flera mål spridda signaler bestämma läget och hastigheten hos respektive mål. Speciellt är uppfinningen användbar i det fall ett mycket stort antal mål skall lägesbestämmas i rummet samt tilldelas en hastighetsvektor. Uppfinningen är bl.a. avsedd att kunna användas vid det system för bestämning av läget för mål som denna dag patentsökts och som har Hans Hellsten som uppfinnare, och till vilken patentansökan 0101661-7 härmed hänvisas när det gäller ett mer ingående resonemang om själva systemet av sändare och mottagare, i fortsättningen stationer.

Vid uppfinningen utgår man från ett 3-dimensionellt lägesrum och ett 3-dimensionellt hastighetsrum, som tillsammans bildar ett 6-dimensionellt tillståndsrums rum med upp till $\sim 10^{20}$ celler, där i princip varje cell skall tilldelas värdet 0 (inget mål) eller 1 (mål). Det stora antalet celler i tillståndsrums rum ställer speciella krav på signalbehandlingsmetoden, varav en möjlig behandlas i den anförda patentansökningen av Hellsten. I föreliggande patentansökan föreslås en alternativ metod.

Det stora antalet, $\sim 10^{20}$, celler i tillståndsrums rum gör att kända projektiionsmetoder blir ohanterligt långsamma. Den enklaste kända metoden är att till tre stationer och N mål först bilda alla tänkbara målpositioner. De kommer att vara färre än N^3 till antalet, och det är lätt att till varje möjlig målposition bestämma såväl läge som hastighetsvektor för målet. Man får då $\sim N^3$ kandidater vilka var och en sedan stöds eller förkastas av ytterligare oberoende mätningar. Detta ger en processeringsmetod som kräver $K N^3$ operationer. Om K är stort kan denna metod bli alltför långsam för intressanta värden på N.

En specifik egenskap vid de system för vilka föreliggande metod är tänkt att användas är, enligt ovan, att informationen i en inledande, detekterande fas kan betraktas som binär, vilket kan utnyttjas. Vidare är indata från början distribuerade mellan olika stationer. Detta gör att en lokal, distribuerad processering som räknar ut läges- och hastighetsparametrar för målen ger en fördel, eftersom man då får en parallelliseringseffekt på sensornära nivå. En omfattande kommunikation mellan stationer är sedan nödvändig.

Stötestenen blir associeringsproblemet, dvs. att på ett korrekt sätt para ihop data från olika radarstationer. En association där det är oklart om den är korrekt eller ej

kan kallas för en kandidat. Efterhand blir det klart om en kandidat är en korrekt association, dvs. ett mål eller en felaktig association, ibland kallad ett spöke. Problemet är alltså att hantera det initialt mycket stora antalet spöken, dvs att hitta målen bland alla kandidater.

5

Ändamålet med uppfinningen är att lösa detta problem, vilket sker genom att uppfinningen får den utformning som framgår av det efterföljande självständiga patentkravet. Lämpliga utföringsformer av uppfinningen framgår av övriga patentkrav.

- 10 Uppfinningen kommer i det följande att beskrivas närmare under hänvisning till bifogade ritning, där

fig. 1 visar hur geometrin runt två stationer på ett plan och hur rotations-symmetriska tänkbara mållägen vid mätning från två stationer kan
15 överföras till punkter i ett halvplan,

fig. 2 visar hur hastigheter i ett 3-dimensionellt rum kan överföras till icke-unika hastigheter i nämnda halvplan och

fig. 3 visar hur man kan fastställa läge och hastighet genom att kombinera mätningar från två par av stationer som har en station gemensam.

20

Om man studerar figur 1 med två stationer, s_1 , s_2 , på marken, som ser ett och samma mål, t_1 , i monostatiska mätningar, inser man direkt att de placerar målet utefter en halvcirkel i lägesrummet över marken. Bistatiska mätningar mellan de två stationerna delar denna symmetri, så att en halvcirkel kan accepteras eller för-
25 kastas i sin helhet. För varje punkt på halvcirkeln är en skattad hastighet v bestämd upp till en linje i hastighetsrummet. Sammantaget tillskriver alltså två stationer en kandidat (mål eller spöke) en två-yta i tillståndsrummet. En familj sådana två-ylor i tillståndsrummet bildar en förhållandevis komplicerad delmängd i tillståndsrummet. Det är därför önskvärt med en inledande kalkyl där kandidater kan representeras av
30 punkter i ett reducerat tillståndsrum, snarare än ytor. I det fall man studerar såväl läge som hastighet, såsom beskrivits ovan, blir det reducerade tillståndsrummet följaktligen 4-dimensionellt. Vidare bör någon typ av kandidatreduktion ske i detta reducerade tillståndsrum, så att den avslutande processeringen i det fulla tillståndsrummet blir förenklad.

35

Uppfinningens grundläggande idé är att arbeta i lågdimensionella, < 6 , tillståndsrum som är gemensamma för flera sensorer. Optimalt blir ytor i det fulla tillstånds-

rummet, motsvarande vissa sensorregistreringar, representerade av punkter i det lägre dimensionella dito. Genom att det reducerade tillståndsrummet är gemensamt för flera sensorer kan man under vissa betingelser få en sensomäta och lokal eliminering av många spöken genom kalkyler som ej är processeringstunga. En sådan

5 utglesad kandidatmängd utgör sedan tillsammans med andra, på samma sätt utglesade kandidatmängder, indata till en slutlig och fullständig associering i hela tillståndsrummet. Denna slutkalkyl är då, genom indatamängdernas relativa litenhet, också överkomligt processeringsintensiv.

- 10 Från symmetrin i figurema 1 och 2 kan man se att man kan låta punkterna på den cirkelbåge som motsvarar en kandidat t_i representeras av en punkt $P(t_i)$ i ett halvplan P_{12} på ena sidan symmetriaxeln. I figur 2 kan man se hur hastigheten v utifrån monostatiska och/eller bistatiska mätningar från ett par av stationer kan bestämmas genom dopplermätning, så när som på en komponent i tangentens till
- 15 halvcirkelbågen-riktning. Detta betyder att hastigheten ligger på linjen $L(s_1, s_2, t_i, v)$.

Alla hastigheter på denna linje kommer att representeras av samma 2-dimensionella hastighet u , vilken är en vektor i halvplanet P_{12} . Omvänt gäller att om hastigheten i halvplanet P_{12} är känd, vet man att hastigheten ligger på linjen $L(s_1, s_2, t_i, u)$, där med u nu avses den kanoniska representanten av u i tre dimensioner.

20

Till skillnad mot det enkla problemet att hitta den gemensamma linjen mellan mätningar från två stationer, dvs. cirkelbågen från skärningen mellan två (halv)sfärer, eller den gemensamma punkten mellan mätningar från tre stationer, dvs. skärningspunkten mellan tre (halv)sfärer, är gemensamma punkter från två eller tre

25 bistatiska mätningar mellan samma stationer mer komplicerade att finna, eftersom vardera mätningen genererar en (halv)ellipsoid med stationerna i brännpunkterna. Det är svårare att beräkna gemensamma punkter mellan två ellipsoider än mellan sfärer.

- 30 Uppfinningen utnyttjar därför monostatiska mätningar mellan par av stationer för att beräkna kandidater. Sedan används den sammanhörande bistatiska mätningen för att eliminera spöken. På detta sätt behöver man inte beräkna gemensamma punkter utgående från ellipsoiderna utan man tittar bara på de punkter där de monostatiska mätningarna anger att det finns kandidater och ser om den bistatiska mätningen har en eller flera kandidater på det aktuella avståndet. Detta är mycket
- 35 enklare än att beräkna gemensamma punkter utifrån bistatiska mätningar. I de fall den avståndsbaserade analysen inte ger tillräcklig eliminering av antalet spöken,

kan man använda sig även av den samlade dopplerinformationen. Dopplermätningarna delar enligt ovan avståndsmätningarnas symmetri och genom att kräva kompatibla monostatiska och bistatiska dopplermätningar erhålls ytterligare en reduktion av antalet spöken.

5

I det följande ges en mer utförlig beskrivning av sättet i samband med en mängd distribuerade isotropa sändare/mottagare av elektromagnetiska eller akustiska signaler. I det konkreta exemplet tänker vi oss ett antal radarstationer. Varje radarstation sänder ut en signal som dels tas emot av stationen själv samt dels av omgivande grannar. Vi hänvisar återigen till den ovannämnda patentansökningen av Hellsten för en utförligare beskrivning av hur systemet kan vara utformat i allmänhet.

I ett första steg använder man en första s_1 och en andra s_2 sändare/mottagare av elektromagnetiska eller akustiska signaler och utför dels monostatiska mätningar M_1 och M_2 från vardera sändaren/mottagaren, dels en bistatisk mätning B_{12} mellan stationerna. Först skapar de två monostatiska mätningarna ett antal kandidater med 2-dimensionellt läge och 2-dimensionell hastighet. Sedan provas dessa mot resultatet av den bistatiska mätningen och de kandidater behålls som återfinns i alla mätningarna med lämpliga felmarginaler.

I ett andra steg utför man motsvarande beräkningar med en av de två ursprungliga stationerna, säg s_1 , och en tredje station s_3 . Samma beräkningar som utförts för s_1 och s_2 utförs för s_1 och s_3 . Man sorterar sedan, för vardera beräkningen, tänkbara mål efter avstånd till den gemensamma sändaren/mottagaren, här s_1 , och bestämmer de avståndsluckor i de båda beräkningarna som samtidigt innehåller en eller flera kandidater. För dessa kandidater studeras den radiella dopplerhastigheten i de två mätningarna. Om skillnaden är mindre än ett förutbestämt värde behålls kandidaterna. I annat fall förkastas de.

30

I figur 3 visas hur ett mål t_1 representeras av en punkt i halvplanet P_{12} och en annan i halvplanet P_{31} . Det 3-dimensionella läget ges av halvcirklarnas skärningspunkt. Den sanna hastigheten v för t_1 representeras av hastigheten u_1 , som är en vektor i tangentplanet till punkten $P(t_1)$ i halvplanet P_{12} och motsvarande vektor u_2 i halvplanet P_{31} . Vardera sådan hastighet kan enligt ovan avbildas på en linje i det 3-dimensionella rummet. Den sanna hastigheten v ligger i skärningen mellan dessa linjer $L(s_1, s_2, t_1, u_1)$ och $L(s_1, s_2, t_1, u_2)$.

35

I ett tredje steg kan man utföra en tredje bistatisk mätning B_{23} mellan de två sändare/mottagare, här s_2 och s_3 , som inte är den gemensamma sändaren/mottagaren enligt ovan. Resultatet kan användas tillsammans med kandidaterna som återstår efter steget två ovan för att ytterligare reducera antalet spöken.

Den lokala behandling runt tre stationer har genom detta förfarande, med initialt parvisa beräkningar runt två stationer och vidare så att alla tre stationerna ingår i beräkningarna, på ett elegant och förhållandevis beräkningssnålt vis givit ett antal mål och möjligen, till följd av ofullkomligheter i mätsystemet och dess tillämpning, något kvarvarande spöke. Det intressanta är att parallellt med detta kan i ett större system ett antal andra stationer också ha givit ett antal mål. Den parallella hanteringen är mycket gynnsam och en absolut förutsättning enligt ovan för att processeringen över huvud taget skall vara möjlig i ett större system med många stationer.

För att förbättra säkerheten i beräkningarna och avföra eventuellt kvarvarande spöken, kan man naturligtvis låta ytterligare stationer, som har en räckvidd som är tillräcklig, ingå i beräkningarna. Man kan tänka sig såväl ytterligare monostatiska, som ytterligare bistatiska beräkningar.

Det har redan flera gånger omnämnts att föreliggande uppfinningen är tänkt att ingå i ett större system av stationer, exempelvis det som presenteras i den omnämnda patentansökningen av Hans Hellsten. I den anges att ett antal stationer kan vara placerade som gitterpunkter i ett väsentligen ekvidistant gitter på en yta, som begränsar det övervakade lägesrummet, t.ex. en markyta. Tanken i Hellstens patentansökan är att stationernas räckvidder skall vara sådan att varje mål detekteras vid bistatisk mätning av minst sex oberoende uppsättningar sändare och mottagare. Av detta skäl är stationernas räckvidd $2d$, om avståndet mellan stationerna är d , om vi räknar med en väsentligen plan yta. Om ytan inte är väsentligen plan måste räckvidderna anpassas så att en minst 6-faldig bistatisk överlappning av det övervakade tillståndsrummet ändå uppnås.

Patentkrav:

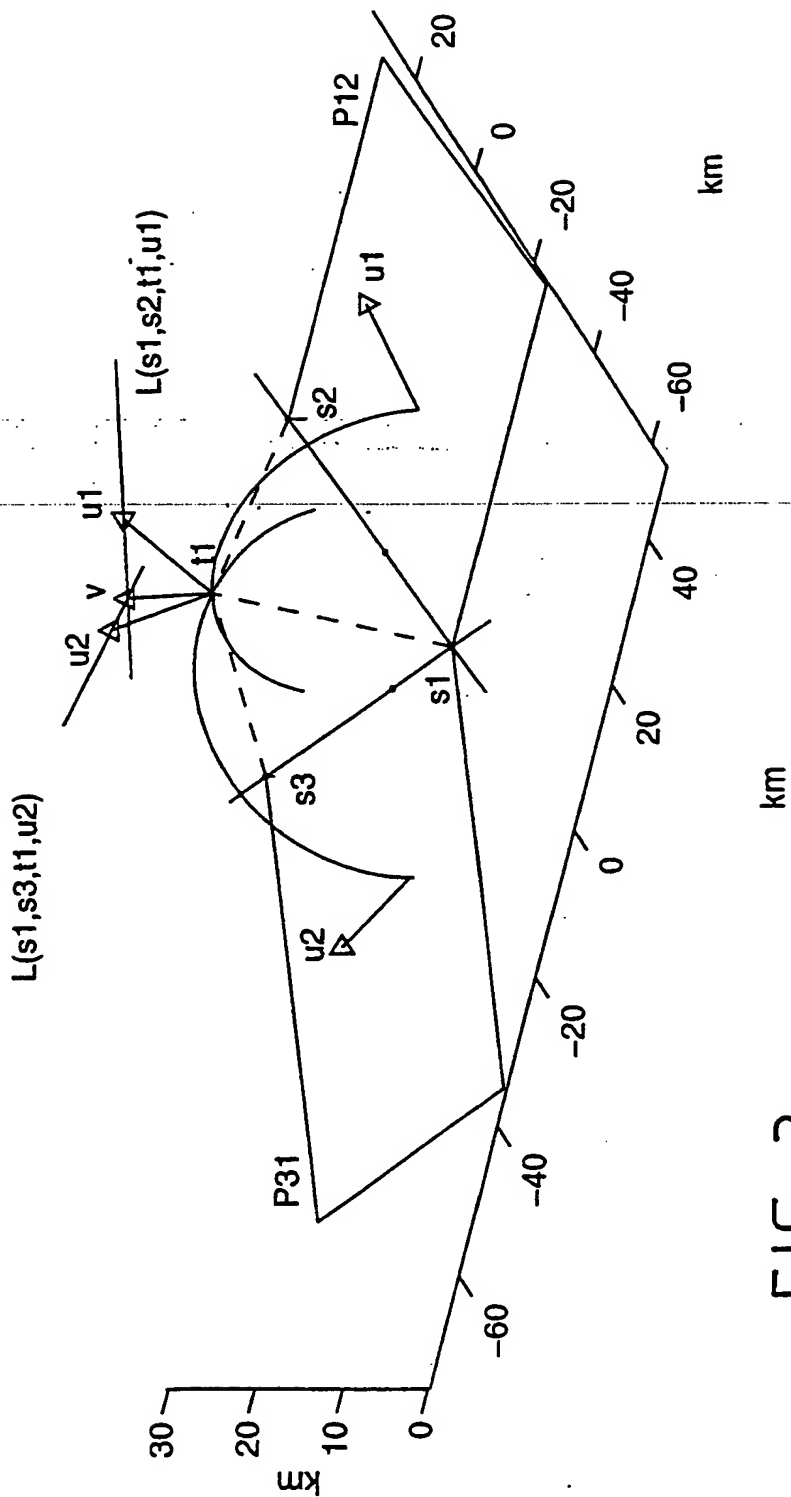
1. Sätt att med från mål spridda signaler bestämma läget och hastigheten för nämnda mål, k ä n n e t e c k n a t a v att man använder en första och en andra station innefattande sändare/mottagare (s_1, s_2) av elektromagnetiska eller akustiska signaler och utför dels monostatiska mätningar (M_1, M_2) från vardera stationen, dels en bistatisk mätning mellan stationerna (B_{12}), och först genom de två monostatiska mätningarna beräknar ett antal målkandidater med 2-dimensionellt läge och 2-dimensionell hastighet, varpå dessa prövas mot resultatet av den bistatiska mätningen och de målkandidater behålls som med lämpliga felmarginaler återfinns i alla mätningarna, varvid beräkningarna sker i ett 2-dimensionellt lägesrum och ett 2-dimensionellt hastighetsrum och ger läget och hastigheten modulo rotations-symmetrin runt en linje genom de två stationerna (s_1, s_2) genom att man utnyttjar att rotationssymmetrin medför att tänkbara uppmätta mållägen i ett 3-dimensionellt lägesrum, som ligger längs cirkelbågar med centrum på symmetriaxeln, kan representeras av en punkt ($P(t)$) i ett halvplan (P_{12}) på ena sidan symmetriaxeln, vilket utgör ett 2-dimensionellt lägesrum, och att hastigheten kan representeras av en hastighet i ett 2-dimensionellt hastighetsrum som är ett tangentplan till nämnda punkt.
2. Sätt enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t a v att man fastställer läget för en målkandidat i ett fullständigt 3-dimensionellt lägesrum och 3-dimensionellt hastighetsrum genom att motsvarande beräkningar utförs med antingen den första eller den andra stationen (s_1, s_2) och en tredje motsvarande station (s_3), varpå man för vardera beräkningen sorterar målkandidater efter avstånd till den gemensamma stationen och avgör, för de avstånd i de båda beräkningarna som båda innehåller ett eller flera tänkbart mål, om det skall behållas som mål eller förkastas beroende på överensstämmelsen hos den radiella farten.
3. Sätt enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t a v att man utför en tredje bistatisk mätning (B_{23}) mellan de två stationer (s_2, s_3) som inte är den gemensamma stationen enligt patentkravet 2 och behåller en målkandidat vid överensstämmelse och i annat fall förkastar den.
4. Sätt enligt patentkravet 2 eller 3, k ä n n e t e c k n a t a v att man använder ytterligare stationer för monostatiska och/eller bistatiska mätningar som jämförs med resultatet av de tidigare.

5. System enligt något av patentkraven 1-4, k ä n n e t e c k n a t a v att nämnda stationer (s_1, s_2, s_3) är placerade som gitterpunkter i ett väsentligen ekvidistant gitter på en yta, som begränsar det övervakade lägesrummet, t.ex. en markyta, med avståndet mellan gitterpunkterna väsentligen lika stora, d , och där signalemas räckvidd vid en väsentligen plan yta är minst $2d$, innebärande minst 6 oberoende bistatiska konfigurationer per gitterpunkt och att räckvidden, i det fall ytan inte är väsentligen plan, anpassas för att ge lika många bistatiska konfigurationer som i det plana fallet.









**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☒ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.